

МЕТОД КОНТРОЛЯ УСАДКИ ПОРОШКОВОГО СЛОЯ В ПРОЦЕССЕ ЦЕНТРОБЕЖНОГО ИНДУКЦИОННОГО НАНЕСЕНИЯ ПОКРЫТИЙ

METHOD OF CONTROLLING THE SHRINKAGE OF THE POWDER LAYER DURING CENTRIFUGAL COATER INDUCTION

Белявин К.Е. (БНТУ, г. Минск, РБ)

Белоцерковский М.А., Сосновский И.А., Курилёнок А.А.

(ОИМ НАН Беларуси, г. Минск, РБ)

Belyavin K.E. (Belarusian National Technical University)

Belotserkovsky M.A., Sosnovsky I.A., Kurileonok A.A. (Joint Institute of Mechanical Engineering of the National Academy of Sciences of Belarus)

В результате анализа технологических особенностей процесса центробежного индукционного нанесения покрытий разработан метод непрерывного контроля усадки в процессе нанесения покрытий центробежным методом.

An analysis of the technological characteristics of the process of centrifugal induction coating developed a method of continuous control shrinkage during coating centrifugal method.

Ключевые слова: контроль, усадка, порошковый слой, центробежное индукционное нанесение

Key words: controlling, shrinkage, powder layer, centrifugal coater induction

Введение.

Одним из наиболее эффективных методов нанесения порошковых покрытий является индукционное центробежное нанесение покрытий [1-2]. Индукционным центробежным методом в настоящее время можно наносить покрытия на внутренние, наружные и торцевые поверхности. Принципиальная схема нанесения покрытия на внутреннюю поверхность детали представлена на рисунке 1.

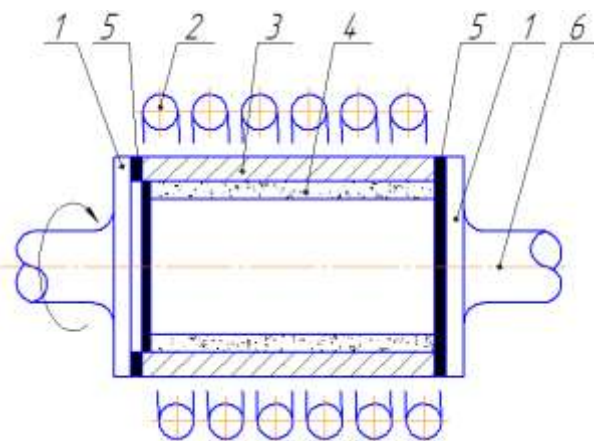


Рисунок 1 – Принципиальная схема центробежного индукционного нанесения покрытия с наружным нагревом ТВЧ

1- зажимные крышки, 2- индуктор, 3- деталь, 4- припекаемый порошок, 5- прокладки, 6- собственная ось детали

Технология нанесения покрытия по вышеуказанной схеме заключается в следующем: во внутреннюю полость заготовки помещают объемную дозу порошкового материала, через антипригарные прокладки с торцов закрывают за-

готовку крышками. Сборку устанавливают и закрепляют на центробежной установке, осуществляют позиционирование заготовки относительно индуктора. Затем сборку приводят во вращение вокруг собственной оси и нагревают индуктором ТВЧ. При помощи оптического пирометра измеряют и контролируют достижение требуемой температуры $0,7-0,95 T_{пл}$. После спекания порошкового материала и припекания покрытия нагрев отключают, а при охлаждении заготовки до 600-900K прекращают вращение, затем сборку снимают с центробежной установки и охлаждают ее до комнатной температуры в статическом состоянии. Полученное покрытие обрабатывают в требуемый размер. Одним из недостатков данного способа является отсутствие надёжных методов контроля уплотнения порошка в процессе припекания. В результате этого формируется покрытие невысокого качества. С другой стороны отсутствие контроля усадки порошка может привести к завышению трудоёмкости и затрат материалов, вследствие повышенного припуска на механическую обработку.

Описание предлагаемого метода.

Для решения поставленной задачи в Объединённом институте машиностроения НАН Беларуси предложен новый метод контроля усадки наносимого покрытия [3]. Для осуществления метода контроля необходимо включить в состав технологической системы измеритель электрической мощности, связанный с блоком отключения источника нагрева детали.

Реализация метода происходит следующим образом (рисунок 2). В процессе формирования слоя металлического порошка 1 к внутренней поверхности цилиндрической детали 2 моменты инерции составных частей системы вращения не изменяются, за исключением момента инерции порошкового слоя, который уплотняется под воздействием индукционного нагрева и центробежных сил. С учётом этого момент инерции порошкового слоя определяется выражением:

$$J = \frac{m(r_1^2 + r_2^2)}{2}, \quad (1)$$

где m – масса порошкового слоя; r_1 – внутренний радиус порошкового слоя; r_2 – радиус внутренней поверхности заготовки.

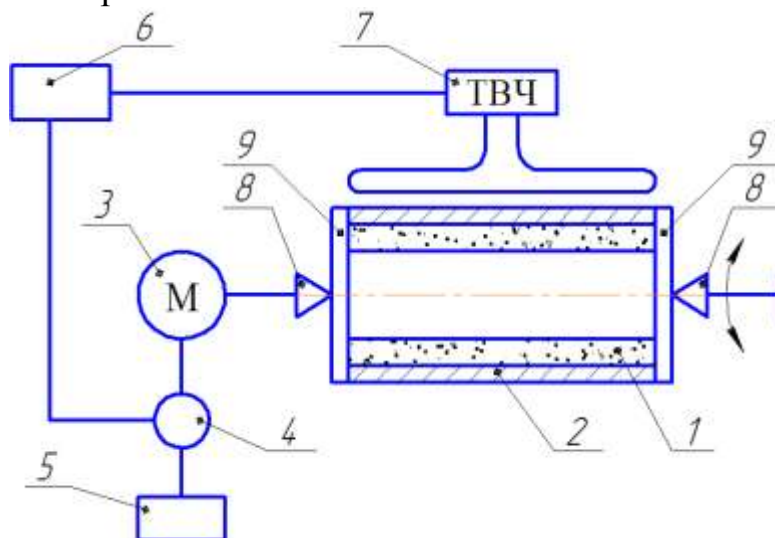


Рисунок 2 – Технологическая схема определения усадки порошкового слоя в процессе его центробежного формования

Следовательно, изменение момента инерции порошкового слоя вследствие его усадки:

$$\Delta J = \frac{m(r_{11}^2 + r_{10}^2)}{2}, \quad (2)$$

где r_{10} – начальный радиус внутренней поверхности порошкового слоя; r_{11} – радиус порошкового слоя после усадки.

Из (2) легко получить зависимость текущего радиуса порошкового слоя r_{11} от изменения его момента инерции:

$$r_{11}^2 = r_{10}^2 + \frac{m}{2} \Delta J. \quad (3)$$

Увеличение момента инерции порошкового слоя происходит в результате уплотнения порошка и увеличения внутреннего радиуса порошкового слоя r_1 . Это, в свою очередь, приводит к увеличению нагрузки на привод вращения 3 и потребляемой им электрической мощности, определяемой по формуле:

$$P = IU = \eta \omega M = J \omega^3, \quad (4)$$

где ω – угловая скорость вращения детали; I – сила тока; U – напряжение; η – к.п.д.; M – крутящий момент.

Процесс уплотнения порошка контролируется путём измерения этой мощности с помощью ваттметра 4, подключённого к источнику питания 5. Используя закон сохранения массы, получим соотношение, связывающее текущую среднюю пористость Π порошкового слоя с его текущим радиусом r_{11} в виде:

$$(1 - \Pi)(r_2^2 - r_{11}^2) = (1 - \Pi_0)(r_2^2 - r_{10}^2), \quad (5)$$

или

$$\Pi = 1 - (1 - \Pi_0) \frac{r_2^2 - r_{10}^2}{r_2^2 - r_{11}^2}, \quad (6)$$

где Π_0 – начальная пористость порошкового слоя.

Таким образом, зная изменение момента инерции порошкового слоя ΔJ в процессе центробежной индукционной наплавки, можно определить изменение его внутреннего радиуса по формуле (3), а, воспользовавшись после этого формулой (6), можно определить среднюю пористость порошкового слоя. По достижению требуемой плотности порошкового слоя и его толщины, определяемой уровнем срабатывания блока отключения 6 источника нагрева 7, происходит его срабатывание, что соответствует завершению процесса нанесения покрытия. Далее отключают привод вращения, полученную деталь извлекают из центров 8 зажимного приспособления, снимают крышки 9 и охлаждают.

На основе разработанного метода контроля разработана технология изготовления биметаллических втулок вибровозбудителей источников сейсмических сигналов.

Выводы.

Разработанный метод позволяет осуществлять непрерывный контроль усадки порошкового покрытия в процессе центробежного индукционного нанесения покрытий. При этом снижается припуск на механическую обработку покрытия, что снижает трудоёмкость механической обработки. В то же время использование данного метода не требует значительной переналадки технологического оборудования.

Список использованных источников

1. Белявин, К.Е. Индукционный нагрев в процессах центробежного нанесения покрытий / К.Е. Белявин, И.А. Сосновский, А.Л. Худолей // Научно-теоретический и информационно-методический журнал «Вестник Фонда фундаментальных исследований», № 3 [65], 2013. – С. 68-85.
2. Гафо, Ю.Н. Теоретические основы выбора технологических параметров центробежного индукционного припекания / Ю.Н. Гафо, А.А. Радченко, И.А. Сосновский // Перспективные технологии / под редакцией В.В. Клубовича. – Витебск: Изд-во УО «ВГТУ», 2011. – Гл.16. – С. 363 – 396.
3. Устройство для нанесения покрытий из металлических порошков на внутренние поверхности цилиндрических деталей: патент № 3849 Респ. Беларусь, МПК (2006) В 22 F 7/00 / Ю.Н. Гафо, О.О. Кузнечик, Л.П. Кашицин, И.А. Сосновский, А.В. Сосновский; заявитель ГНУ «Институт порошковой металлургии» - № и 20070008; заявл. 04.01.07; опубл. 30.10.07 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2007. - № 5.